

О СТАТИЧЕСКОМ И ДИНАМИЧЕСКОМ РАЗРУШЕНИИ МАТЕРИАЛОВ

В. Ф. ГОРБУНОВ, А. И. ПАШНИН

(Представлена научным семинаром кафедры горных машин, рудничного транспорта
и горной механики)

В настоящее время ручные пневматические молотки находят все большее применение в промышленности при механизации многих операций: обрубке литников, зачистке заусенцев, вырубке раковин и т. д. При исследовании путей повышения производительности рубильно-клепальных пневматических молотков большое значение имеет знание физико-механических свойств обрабатываемых материалов, а также влияние энергии и частоты ударов на скорость деформации материала.

Недостаточная изученность этого вопроса связана с отсутствием данных по динамическому разрушению металлов, так как определение их прочностных свойств — предела пропорциональности, предела текучести, временного сопротивления — проводится при статическом растяжении (сжатии). Растягивающая (сжимающая) нагрузка возрастает постепенно, без толчков и ударов. Результаты измерений представляют в виде диаграммы растяжения, которая в большинстве случаев вычерчивается испытательными машинами автоматически. Диаграмма растяжения дает возможность установить еще одну механическую характеристику, которая может характеризовать сопротивляемость материала ударному разрушению. Эта сопротивляемость оказывается тем большей, чем больше работа, которую нужно затратить, чтобы разрушить образец в статическом режиме. Поэтому в качестве характеристики способности материала сопротивляться действию ударных нагрузок можно взять величину работы, затрачиваемую на растяжение образца. Легко показать, что эта работа в определенном масштабе выражается площадью диаграммы растяжения. Величина, характеризующая материал, а не образец, равна отношению работы деформации и объема образца и называется полной удельной работой деформации.

Диаграмму растяжения, аналогичную при проведении статического разрушения образца, можно получить при быстром (ударном) приложении сил.

При проведении динамических испытаний чаще всего применяют копровые установки со свободным падением ударника. В этом случае, учитывая малое сопротивление трению, энергию каждого удара можно определить

$$A = m \cdot g \cdot h, \text{ кГм,}$$

где m — масса ударника, $\text{кг} \cdot \text{сек}^2/\text{см}$;

g — ускорение силы тяжести, $9,8 \text{ м/сек}^2$;

h — высота падения ударника, м .

Было замечено [2], что при быстром (ударном) приложении сил напряжения увеличиваются примерно вдвое по сравнению со статическим растяжением, следовательно, и удельные работы деформации должны быть различны. Для исследования были взяты стандартные образцы из малоуглеродистой стали Ст. 3 круглого сечения диаметром 12 мм и рабочей длиной 120 мм. Статическая диаграмма растяжения получена на испытательной машине ЦДМ (Лейпциг, ГДР), динамическая — на копровой установке, изготовленной на кафедре горных машин ТПИ. Диаграммы приведены на рис. 1.

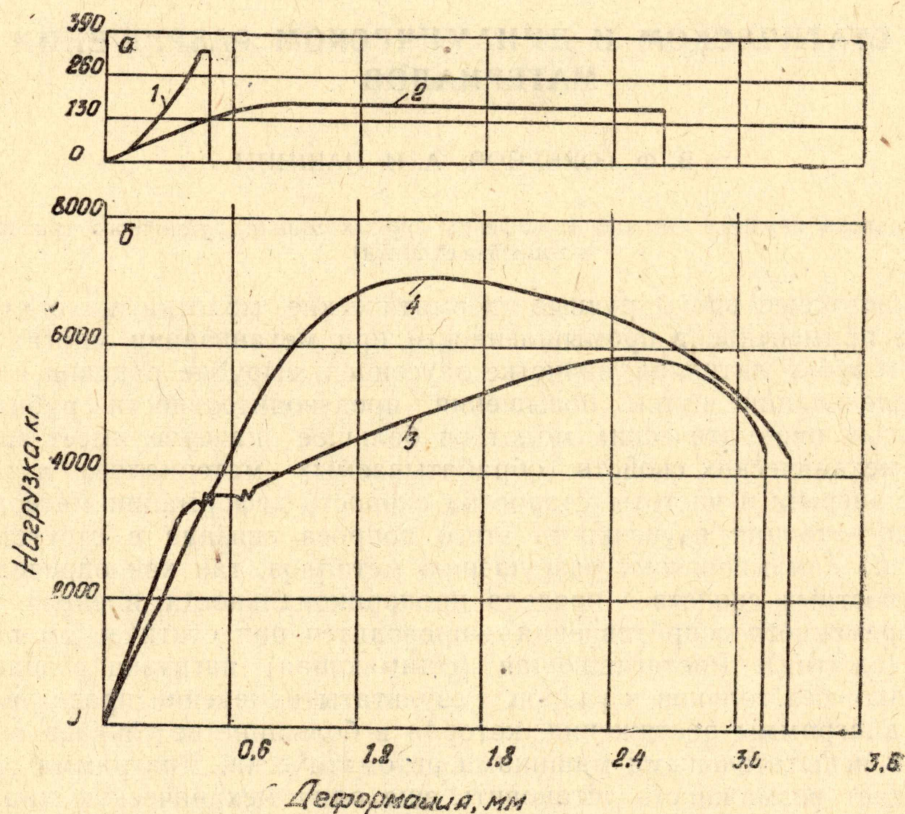


Рис. 1. Диаграммы растяжения. а) при статическом растяжении: 1 — полистирол, 2 — целлулоид; б) диаграммы растяжения стали Ст. 3: 3 — при статическом растяжении, 4 — при ударном растяжении

В результате планиметрирования диаграмм определялась удельная работа деформации при статическом растяжении

$$\alpha = \frac{S \cdot m_p \cdot m_t}{V},$$

где S — площадь диаграммы растяжения;

m_p — масштаб сил;

V — объем образца; m_t — масштаб деформаций.

По данным измерений удельная работа деформации составляет при статическом растяжении $39 \frac{\text{кгс см}}{\text{см}^3}$, а при динамическом — $59 \frac{\text{кгс см}}{\text{см}^3}$

Таким образом, удельная работа при динамическом (ударном) растяжении примерно в 1,5 раза больше, чем при статическом. Исследования [2] показывают, что при ударном испытании на растяжение удельная работа деформации стали на 20—60% выше, чем при статиче-

ском, вследствие повышения напряжений при ударе. Аналогичные результаты получаются и для большинства других металлов. Повышение динамических напряжений и удельной работы пластической деформации зависит от скорости деформации, как это видно из рис. 2.

Скорость и работа деформации при рубке и клепке металлов во многом определяются внутренними процессами в пневматическом молотке и его энергетическими параметрами. Как показали проведенные исследования, работа, затрачиваемая на деформацию материала для молотка КЕ-16, возрастает с увеличением давления воздуха в сети при постоянном нажатии и убывает с увеличением усилия нажатия при постоянном давлении воздуха в сети (рис. 3).

Изучение влияния этих параметров на работу и скорость деформации непосредственно или путем моделирования на электронных моделях сложно, так как нелинейный характер удара и непостоянство коэффициентов уравнений приводят к тому, что трудно найти реализуемый электронный аналог. Наиболее простой метод изучения влияния энергии и частоты ударов пневматическо-

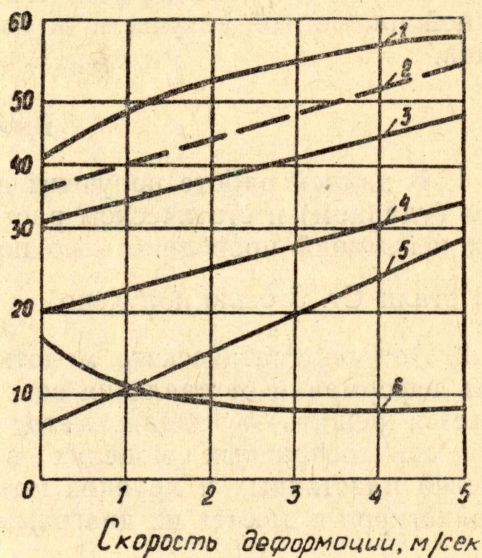


Рис. 2. Зависимость удельной работы деформации от скорости приложения нагрузки. 1 — малоуглеродистая сталь $C = 0,09\%$, 2 — углеродистая сталь $C = 0,15\%$, 3 — углеродистая сталь $C = 0,5\%$, 4 — дюралюминий Д16, 5 — медь, 6 — цинк

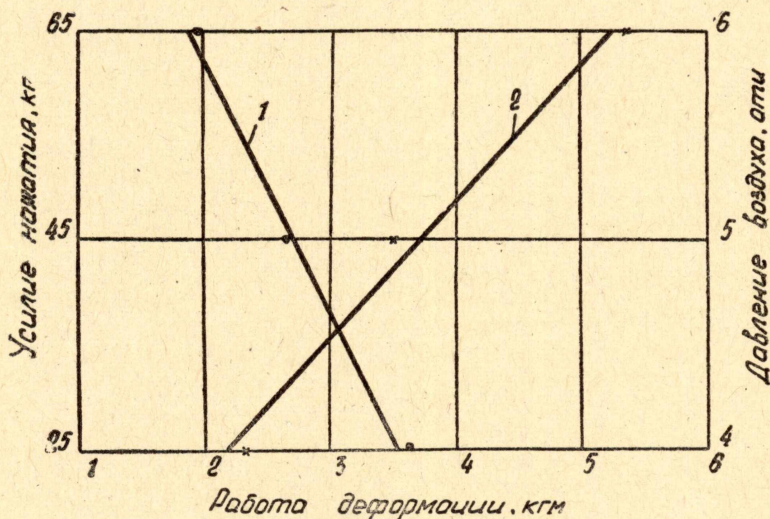


Рис. 3. Влияние условий испытаний пневматического молотка на работу деформации. 1 — зависимость работы деформации от усилия нажатия при давлении воздуха в сети 5 атм; 2 — зависимость работы деформации от давления воздуха в сети, при усилии нажатия 25 кг

го молотка на скорость деформации материала — это метод физического моделирования на оптически прозрачных материалах. В качестве модели хрупких материалов можно взять полистирол, диаграмма растя-

жения которого показана на рис. 1, а. Полистирол, как и хрупкие материалы, обладает малой относительной деформацией и почти полным отсутствием площадки текучести. В качестве модели пластичных металлов наиболее подходящий материал — целлулоид, диаграмма растяжения которого показана на рис. 1, а. Целлулоид обладает ярко выраженной площадкой текучести и имеет большие относительные деформации.

Выводы

1. В данной работе получены дополнительные данные о динамическом (ударном) и статическом растяжении стали Ст. 3. Сравнение этих двух испытаний проводилось по полной удельной работе деформации.

Для стали Ст. 3 было получено $\frac{Q_{ин}}{Q_{ст}} = 1,52$.

2. Для пневматического молотка КЕ-16 получены зависимости работы деформации от давления воздуха в сети и усилия нажатия. Предлагается решать эту задачу методом физического моделирования на оптически прозрачных моделях в поляризованном свете. В качестве моделей пластичных и хрупких материалов предлагаются целлулоид и полистирол и даются их диаграммы статического растяжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. А. Авдеев. Техника определения механических свойств материалов, Новосибирск, 1965.
2. Энциклопедический справочник машиностроения, т. 3, Машиностроение, 1962.
3. Л. И. Барон, Г. М. Веселов, Ю. Г. Коняшин. Экспериментальные исследования процессов разрушения горных пород ударом. Академиздат, 1962.